

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-019124

(43)Date of publication of application : 21.01.2003

(51)Int.Cl.

A61B 5/055  
G01R 33/48

(21)Application number : 2001-196064

(71)Applicant : GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL  
TECHNOLOGY CO LLC

(22)Date of filing : 28.06.2001

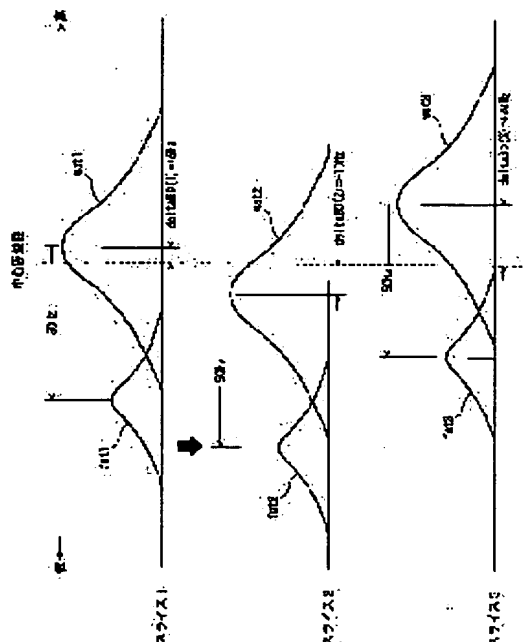
(72)Inventor : UETAKE NOZOMI

(54) SPIN EXCITING METHOD, MAGNETIC RESONANCE IMAGING METHOD AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To properly perform multi-slice imaging with saturation regardless of nonuniformity of magnetostatic field intensity.

SOLUTION: A frequency error  $\Delta B_0(k)$  in a spin in respective slice positions is respectively measured. Among these, a maximum value  $\Delta B_0(2)$  in the direction for turning to a frequency fat of fat is extracted from a frequency wat of water. The spin is excited by a frequency (an arrow) separated in the wat direction from a central frequency by a value by adding this maximum value to a theoretical frequency variation by a chemical shift.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-19124  
(P2003-19124A)

(43) 公開日 平成15年1月21日 (2003.1.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
A 6 1 B 5/055		Δ 6 1 B 5/05	3 1 1 4 C 0 9 6
G 0 1 R 33/48		C 0 1 N 24/08	5 2 0 Y

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-196064 (P2001-196064)

(22) 出願日 平成13年6月28日 (2001.6.28)

(71) 出願人 300019238

ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー  
アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000

(74) 代理人 100085187

弁理士 井島 藤治 (外1名)

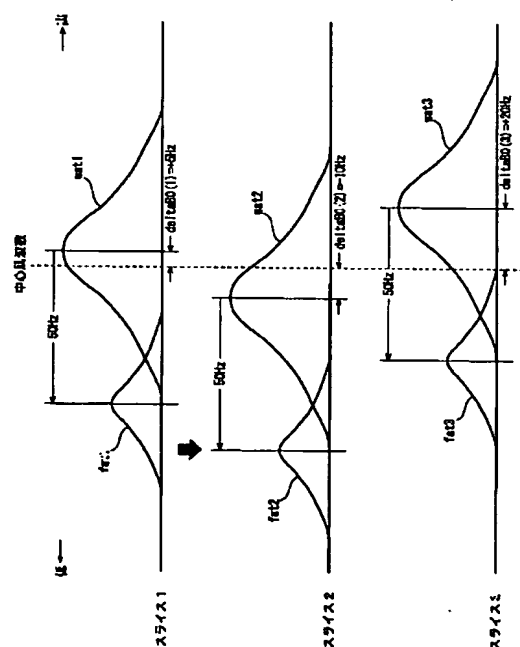
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピン励起方法、磁気共鳴撮影方法および磁気共鳴撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 サチュレーション付きのマルチスライス撮影を静磁場強度の不均一にかかわらず適切に行う。

【解決手段】 各スライス位置におけるスピンの周波数誤差  $\Delta B_0(k)$  をそれぞれ測定し、それらのうち水の周波数  $\omega_{\text{wat}}$  から脂肪の周波数  $\omega_{\text{fat}}$  に向かう方向における最大値  $\Delta B_0(2)$  を抽出し、これをケミカルシフトによる理論的周波数変化量に加算した値だけ中心周波数から  $\omega_{\text{wat}}$  方向に隔たる周波数（矢印）でスピンを励起する。



## (2) 開2003-19124 (P2003-19124A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影するためのスピン励起方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、

前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する、ことを特徴とするスピン励起方法。

【請求項2】 ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影するためのスピン励起方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、

前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの前記周波数誤差のの差分をそれぞれ求め、前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において前記差分が1つでも予め定めた閾値を超えるとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値から前記閾値を差し引いた値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記差分がいずれも前記閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する、ことを特徴とするスピン励起方法。

【請求項3】 前記撮影に利用するスピンは水のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは脂肪のプロトンのスピンである、ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のスピン励起方法。

【請求項4】 前記撮影に利用するスピンは脂肪のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは水のプロトンのスピンである、ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のスピン励起方法。

【請求項5】 前記撮影中に前記測定を周期的に行う、ことを特徴とする請求項1ないし請求項4のうちのいずれか1つに記載のスピン励起方法。

【請求項6】 前記測定した周波数誤差が予め定めた限度を超えたときその測定値を無効とする、ことを特徴とする請求項1ないし請求項5のうちのいずれか1つに記載のスピン励起方法。

【請求項7】 ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、

前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記励起したスピンを飽和させる、ことを特徴とする磁気共鳴撮影方法。

【請求項8】 ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、

前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの前記周波数誤差のの差分をそれぞれ求め、前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において前記差分が1つでも予め定めた閾値を超えるとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値から前記閾値を差し引いた値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記差分がいずれも前記閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記励起したスピンを飽和させる、ことを特徴とする磁気共鳴撮影方法。

## (3) 開2003-19124 (P2003-19124A)

【請求項9】 前記撮影に利用するスピンは水のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは脂肪のプロトンのスピンである、ことを特徴とする請求項7または請求項8に記載の磁気共鳴撮影方法。

【請求項10】 前記撮影に利用するスピンは脂肪のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは水のプロトンのスピンである、ことを特徴とする請求項7または請求項8に記載の磁気共鳴撮影方法。

【請求項11】 前記撮影中に前記測定を周期的に行う、ことを特徴とする請求項7ないし請求項10のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴撮影方法。

【請求項12】 前記測定した周波数誤差が予め定めた限度を超えたときその測定値を無効とする、ことを特徴とする請求項7ないし請求項11のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴撮影方法。

【請求項13】 ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影装置であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定する周波数誤差測定手段と、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出する最大値抽出手段と、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する励起手段と、前記励起したスピンを飽和させる飽和手段と、具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

【請求項14】 ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影装置であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定する周波数誤差測定手段と、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出する最大値抽出手段と、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの前記周波数誤差の差分をそれぞれ求める差分計算手段と、

前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において前記差分が1つでも予め定めた閾値を超えると、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値から前記閾値を差し引いた値に相当する量だけ前記撮影に利用す

るスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記差分がいずれも前記閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する励起手段と、

前記励起したスピンを飽和させる飽和手段と、具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

【請求項15】 前記撮影に利用するスピンは水のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは脂肪のプロトンのスピンである、ことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項16】 前記撮影に利用するスピンは脂肪のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは水のプロトンのスピンである、ことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項17】 前記周波数誤差測定手段は前記撮影中に前記測定を周期的に行う、ことを特徴とする請求項13ないし請求項16のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項18】 前記測定した周波数誤差が予め定めた限度を超えたときその測定値を無効とする無効化手段、を具備することを特徴とする請求項13ないし請求項17のうちのいずれか1つに記載の磁気共鳴撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スピン (spin) 励起方法、磁気共鳴撮影方法および磁気共鳴撮影装置に関し、とくに、ケミカルシフト (chemical shift) により周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライス (multi slice) の断層像を撮影するためのスピン励起方法、磁気共鳴撮影方法および磁気共鳴撮影装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気共鳴撮影 (MRI: Magnetic Resonance Imaging) 装置では、マグネットシステム (magnet system) の内部空間、すなわち、静磁場を形成した撮影空間に撮影の対象を搬入し、勾配磁場および高周波磁場を印加して対象内のスピンを励起して磁気共鳴信号を発生させ、その受信信号に基づいて画像を再構成する。

【0003】撮影に利用する磁気共鳴信号は、水素原子核すなわちプロトン (proton) のスピンから発生する信号である。プロトンは生体を構成する最大の成分である水の中に存在するので、生体を磁気共鳴撮影するための信号として好適である。

## (4) 開2003-19124 (P2003-19124A)

【0004】プロトンは脂肪中にも存在するので脂肪からも磁気共鳴信号が発生する。ケミカルシフトがあるために、脂肪のプロトンのスピンから発生する磁気共鳴信号は、水のプロトンのスピンから発生する磁気共鳴信号とは周波数が異なる。脂肪の周波数は、水の周波数からその約3.5ppm相当の周波数だけ低い周波数となる。

【0005】このような周波数の違いを利用して、脂肪を含まない水だけの像または水を含まない脂肪だけの像を撮影することが行われる。水だけの像を撮影する場合は、前もって、脂肪からの磁気共鳴信号を発生させない処理を施した上で撮影を行う。また、脂肪だけの像を撮影する場合は、前もって、水からの磁気共鳴信号を発生させない処理を施した上で撮影を行う。

【0006】この処理は、脂肪または水のプロトンのスピンを励起しかつその位相を完全に分散させ、次に行われる励起に応答しないようにすることであり、飽和(サチュレーション: saturation)処理と呼ばれる。以下、飽和处理を単にサチュレーションともいう。サチュレーションのためのスピン励起は脂肪または水の周波数に一致する周波数を持つ高周波信号すなわちRF (radio frequency) 信号によって行われる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】静磁場強度に、撮影空間内の場所による不均一がある場合、プロトンのスピンの周波数には場所による不均一が生じる。このため、不均一の程度によっては、撮影に利用するスピンのサチュレーションの影響を受ける場合がある。そのような影響はマルチスライスの撮影を行うときに特に顕著となる。

【0008】そこで、本発明の課題は、サチュレーション付きのマルチスライス撮影を静磁場強度の不均一にかかわらず適切に行うことを可能にするスピン励起方法、磁気共鳴撮影方法および磁気共鳴撮影装置を実現することである。

【0009】本書では、水のプロトンのスピンおよび脂肪のプロトンのスピンを、それぞれ、単に水および脂肪ともいう。また、水のプロトンのスピンから発生する磁気共鳴信号の周波数および脂肪のプロトンのスピンから発生する磁気共鳴信号の周波数を、それぞれ、単に水の周波数および脂肪の周波数ともいう。

【0010】また本書では、水だけの像を得るための水のプロトンのスピンおよび脂肪だけの像を得るための脂肪のプロトンのスピンを、撮影に利用するスピンともいう。また、水だけの像を得るためにサチュレーションさせる脂肪のプロトンのスピンおよび脂肪だけの像を得るためにサチュレーションさせる水のプロトンのスピンを、飽和させるスピンともいう。なお、撮影に利用するスピンは、水や脂肪のプロトンのスピに限らず撮影の目的に応じて適宜の核種のスピンであってよい。飽和さ

せるスピンについても同様である。

【0011】

【課題を解決するための手段】(1)上記の課題を解決するためのひとつの観点での発明は、ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影するためのスピン励起方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起することを特徴とするスピン励起方法である。

【0012】(2)上記の課題を解決するための他の観点での発明は、ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記励起したスピンを飽和させる、ことを特徴とする磁気共鳴撮影方法である。

【0013】(3)上記の課題を解決するための他の観点での発明は、ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影装置であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定する周波数誤差測定手段と、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出する最大値抽出手段と、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する励起手段と、前記励起したスピンを飽和させる飽和手段と、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

【0014】(1)ないし(3)に記載の各観点での発

(5) 開2003-19124 (P2003-19124A)

明では、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、周波数誤差のうち撮影に利用するスピンの周波数から飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値に相当する量だけ撮影に利用するスピンの周波数から飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起するので、マルチスライスの各スライス位置における撮影に利用するスピンへの影響を除去にすることができる。

【0015】(4) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影するためのスピン励起方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの前記周波数誤差のの差分をそれぞれ求め、前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において前記差分が1つでも予め定めた閾値を超えるとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値から前記閾値を差し引いた値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記差分がいずれも前記閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する、ことを特徴とするスピン励起方法である。

【0016】(5) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影方法であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの前記周波数誤差のの差分をそれぞれ求め、前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において前記差分が1つでも予め定めた閾値を超えるとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記

最大値を加算した値から前記閾値を差し引いた値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記差分がいずれも前記閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記励起したスピンを飽和させる、ことを特徴とする磁気共鳴撮影方法である。

【0017】(6) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、ケミカルシフトにより周波数が異なる2つ磁気共鳴信号を生じる対象について2つの周波数のうちの一方の周波数を持つスピンを飽和させ他方の周波数を持つスピンを利用してマルチスライスの断層像を撮影する磁気共鳴撮影装置であって、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定する周波数誤差測定手段と、前記周波数誤差のうち前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出する最大値抽出手段と、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの前記周波数誤差のの差分をそれぞれ求める差分計算手段と、前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数に向かう方向において前記差分が1つでも予め定めた閾値を超えるとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値から前記閾値を差し引いた値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、前記差分がいずれも前記閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ前記撮影に利用するスピンの周波数から前記飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起する励起手段と、前記励起したスピンを飽和させる飽和手段と、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

【0018】(4) ないし(6)に記載の各観点での発明では、マルチスライスの各スライス位置におけるスピンの周波数誤差をそれぞれ測定し、周波数誤差のうち撮影に利用するスピンの周波数から飽和させるスピンの周波数に向かう方向において最大値を持つものを抽出し、各スライスごとにそのスライスと他のすべてのスライスとの周波数誤差のの差分をそれぞれ求め、撮影に利用するスピンの周波数から飽和させるスピンの周波数に向かう方向において差分が1つでも予め定めた閾値を超えるとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に前記最大値を加算した値から閾値を差し引いた値に相当する

(6) 開2003-19124 (P2003-19124A)

量だけ撮影に利用するスピンの周波数から飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起し、差分がいずれも閾値を超えないとき、ケミカルシフトによる理論的周波数変化量に周波数誤差のうち当該スライスについての周波数誤差を加算した値に相当する量だけ撮影に利用するスピンの周波数から飽和させるスピンの周波数の方向に隔たる周波数を持つ励起信号でスピンを励起するので、マルチスライスの各スライス位置における撮影に利用するスピンへの影響低減とサチュレーションの徹底とのかねあいをとることができる。

【0019】前記撮影に利用するスピンは水のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは脂肪のプロトンのスピンであることが、水だけの像を撮影する点で好ましい。

【0020】前記撮影に利用するスピンは脂肪のプロトンのスピンであり、前記飽和させるスピンは水のプロトンのスピンであることが、脂肪だけの像を撮影する点で好ましい。

【0021】前記撮影中に前記測定を周期的に行うことが、静磁場強度の時間的なドリフトに適應する点で好ましい。前記測定した周波数誤差が予め定めた限度を超えたときその測定値を無効とすることが、一時的な外乱の影響を除去する点で好ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1に磁気共鳴撮影装置のブロック(block)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0023】同図に示すように、本装置はマグネットシステム100を有する。マグネットシステム100は主磁場コイル(coil)部102、勾配コイル部106およびRFコイル部108を有する。これら各コイル部は概ね円筒状の形状を有し、互いに同軸的に配置されている。マグネットシステム100の概ね円柱状の内部空間(ボア:bore)に、撮影の対象1がクレードル(cradle)500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

【0024】主磁場コイル部102はマグネットシステム100の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象1の体軸の方向に平行である。すなわちいわゆる水平磁場を形成する。主磁場コイル部102は例えば超伝導コイルを用いて構成される。なお、超伝導コイルに限らず常伝導コイル等を用いて構成してもよいのはもちろんである。

【0025】勾配コイル部106は、互いに垂直な3軸

すなわちスライス(slice)軸、位相軸および周波数軸の方向において、それぞれ静磁場強度に勾配を持たせるための3つの勾配磁場を生じる。

【0026】静磁場空間における互いに垂直な座標軸をx, y, zとしたとき、いずれの軸もスライス軸とすることができる。その場合、残り2軸のうち的一方を位相軸とし、他方を周波数軸とする。また、スライス軸、位相軸および周波数軸は、相互間の垂直性を保ったままx, y, z軸に関して任意の傾きを持たせることも可能である。本装置では対象1の体軸の方向をz軸方向とする。

【0027】スライス軸方向の勾配磁場をスライス勾配磁場ともいう。位相軸方向の勾配磁場を位相エンコード(phase encode)勾配磁場ともいう。周波数軸方向の勾配磁場をリードアウト(read out)勾配磁場ともいう。このような勾配磁場の発生を可能にするために、勾配コイル部106は図示しない3系統の勾配コイルを有する。以下、勾配磁場を単に勾配ともいう。

【0028】RFコイル部108は静磁場空間に対象1の体内のスピン(spin)を励起するための高周波磁場を形成する。以下、高周波磁場を形成することをRF励起信号の送信ともいう。また、RF励起信号をRFパルスともいう。RFコイル部108は、また、励起されたスピンが生じる電磁波すなわち磁気共鳴信号を受信する。

【0029】RFコイル部108は図示しない送信用のコイルおよび受信用のコイルを有する。送信用のコイルおよび受信用のコイルは、同じコイルを兼用するかあるいはそれぞれ専用のコイルを用いる。

【0030】勾配コイル部106には勾配駆動部130が接続されている。勾配駆動部130は勾配コイル部106に駆動信号を与えて勾配磁場を発生させる。勾配駆動部130は、勾配コイル部106における3系統の勾配コイルに対応して、図示しない3系統の駆動回路を有する。

【0031】RFコイル部108にはRF駆動部140が接続されている。RF駆動部140はRFコイル部108に駆動信号を与えてRFパルスを送信し、対象1の体内のスピンを励起する。

【0032】RFコイル部108にはデータ収集部150が接続されている。データ収集部150は、RFコイル部108が受信した受信信号をサンプリング(sampling)によって取り込み、それをデジタルデータ(digital data)として収集する。

【0033】勾配駆動部130、RF駆動部140およびデータ収集部150には制御部160が接続されている。制御部160は、勾配駆動部130ないしデータ収集部150をそれぞれ制御して撮影を遂行する。

【0034】制御部160は、例えばコンピュータ(c



(7) 開2003-19124 (P2003-19124A)

omputer)等を用いて構成される。制御部160は図示しないメモリ(memory)を有する。メモリは制御部160用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。制御部160の機能は、コンピュータがメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0035】データ収集部150の出力側はデータ処理部170に接続されている。データ収集部150が収集したデータがデータ処理部170に入力される。データ処理部170は、例えばコンピュータ等を用いて構成される。データ処理部170は図示しないメモリを有する。メモリはデータ処理部170用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。

【0036】データ処理部170は制御部160に接続されている。データ処理部170は制御部160の上位にあってそれを統括する。本装置の機能は、データ処理部170がメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0037】データ処理部170は、データ収集部150が収集したデータをメモリに記憶する。メモリ内にはデータ空間が形成される。このデータ空間は2次元フーリエ(Fourier)空間を構成する。以下、フーリエ空間をkスペース(k-space)ともいう。データ処理部170は、kスペースのデータを2次元逆フーリエ変換することにより対象1の画像を再構成する。

【0038】データ処理部170には表示部180および操作部190が接続されている。表示部180は、グラフィックディスプレイ(graphic display)等で構成される。操作部190はポインティングデバイス(pointing device)を備えたキーボード(keyboard)等で構成される。

【0039】表示部180は、データ処理部170から出力される再構成画像および各種の情報を表示する。操作部190は、使用者によって操作され、各種の指令や情報等をデータ処理部170に入力する。使用者は表示部180および操作部190を通じてインタラクティブ(interactive)に本装置を操作する。

【0040】図2に、他の方式の磁気共鳴撮影装置のブロック図を示す。同図に示す磁気共鳴撮影装置は、本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0041】本装置は、図1に示した装置とは方式を異にするマグネットシステム100'を有する。マグネットシステム100'以外は図1に示した装置と同様な構成になっており、同様な部分に同一の符号を付して説明を省略する。

【0042】マグネットシステム100'は主磁場マグネット部102'、勾配コイル部106'およびRFコ

イル部108'を有する。これら主磁場マグネット部102'および各コイル部は、いずれも空間を挟んで互いに対向する1対のものからなる。また、いずれも概ね円盤状の形状を有し中心軸を共有して配置されている。マグネットシステム100'の内部空間(ボア)に、対象1がクレードル500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

【0043】主磁場マグネット部102'はマグネットシステム100'の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象1の体軸方向と直交する。すなわちいわゆる垂直磁場を形成する。主磁場マグネット部102'は例えば永久磁石等を用いて構成される。なお、永久磁石に限らず超伝導電磁石あるいは常伝導電磁石等を用いて構成してもよいのはもちろんである。

【0044】勾配コイル部106'は、互いに垂直な3軸すなわちスライス軸、位相軸および周波数軸の方向において、それぞれ静磁場強度に勾配を持たせるための3つの勾配磁場を生じる。

【0045】静磁場空間における互いに垂直な座標軸をx、y、zとしたとき、いずれの軸もスライス軸とすることができる。その場合、残り2軸のうちの一方を位相軸とし、他方を周波数軸とする。また、スライス軸、位相軸および周波数軸は、相互間の垂直性を保ったままx、y、z軸に関して任意の傾きを持たせることも可能である。本装置でも対象1の体軸の方向をz軸方向とする。

【0046】スライス軸方向の勾配磁場をスライス勾配磁場ともいう。位相軸方向の勾配磁場を位相エンコード勾配磁場ともいう。周波数軸方向の勾配磁場をリードアウト勾配磁場ともいう。このような勾配磁場の発生を可能にするために、勾配コイル部106'は図示しない3系統の勾配コイルを有する。勾配コイル部106'および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における勾配磁場印加手段の実施の形態の一例である。

【0047】RFコイル部108'は静磁場空間に対象1の体内のスピンを励起するためのRFパルスを送信する。RFコイル部108'は、また、励起されたスピが生じる磁気共鳴信号を受信する。

【0048】RFコイル部108'は図示しない送信用のコイルおよび受信用のコイルを有する。送信用のコイルおよび受信用のコイルは、同じコイルを兼用するかあるいはそれぞれ専用のコイルを用いる。

【0049】本装置の撮影動作を説明する。図3に、図1または図2に示した装置が実行する磁気共鳴信号獲得用のパルスシーケンス(pulse sequence)の一例を略図によって示す。このパルスシーケンスは、グラディエントエコー(gradient echo)を獲得するためのパルスシーケンスすなわちグラディエントエコー法によるパルスシーケンスである。

【0050】同図(1)はRFパルスのシーケンスであ

(8) 開2003-19124 (P2003-19124A)

り、(2)、(3)、(4)および(5)は、それぞれ、スライス勾配 $G_s$ 、リードアウト勾配 $G_r$ 、位相エンコード勾配 $G_p$ および磁気共鳴信号MRのシーケンスである。パルスシーケンスは時間軸 $t$ に沿って左から右に進行する。

【0051】同図に示すように、RFパルスRF1によりスピンの励起が行われる。このときは勾配磁場は印加されない。すなわち非選択励起が行われる。この励起は飽和させるスピンを励起するためのものであり、飽和させるスピンの磁気共鳴周波数に合わせた周波数を持つRFパルスが用いられる。例えば、水像を撮影する場合は脂肪の周波数に合わせたRFパルスが使用され、脂肪像を撮影する場合は水の周波数に合わせたRFパルスが使用される。

【0052】RFパルスRF1の周波数は、飽和させるスピンの磁気共鳴周波数に合わせて予め決定されている。RFパルスRF1の周波数の決定については、後にあらためて説明する。

【0053】この例では水像を撮影するものとする。RFパルスRF1としては脂肪の周波数に合わせたRFパルスが使用され脂肪の励起が行われる。励起の角度は例えば $90^\circ$ である。以下、RFパルスRF1をサチュレーションパルスともいう。

【0054】RFパルスRF1による励起の後に、スライス勾配 $G_{s0}$ 、リードアウト勾配 $G_{r0}$ および位相エンコード勾配 $G_{p0}$ が印加され、これによって脂肪の位相が分散させられる。

【0055】このように脂肪の位相を分散させた後にRFパルスRF2による励起が行われる。RFパルスRF2としては水の周波数に合わせたRFパルスが使用され水の励起が行われる。励起の角度は $\alpha^\circ$  ( $\leq 90^\circ$ )である。水の周波数は静磁場強度および磁気回転比によって自ずから定まるので、RFパルスRF2の周波数はそれに合わせてある。以下、RFパルスRF2を $\alpha^\circ$ パルスともいう。 $\alpha^\circ$ 励起のときスライス勾配 $G_{s1}$ が印加され、所定のスライスについての選択励起が行われる。

【0056】励起されたスピンはFID (Free Induction Decay) 信号を生じる。脂肪がサチュレーションされているので、脂肪のFIDは発生せず水だけのFIDとなる。FID信号はRFコイル部108 (108') を通じてデータ収集部150によりFIDデータとして収集される。FIDデータは後述するようにスライス位置における周波数誤差を求めるのに利用される。

【0057】FID信号の減衰後に、位相エンコード勾配 $G_{p1}$ による位相軸方向の位相エンコードが行われる。また、リードアウト勾配 $G_{r1}$ による周波数軸方向のデフェーズ (dephase) が行われ、次いで行われるリードアウト勾配 $G_{r2}$ によるリフェーズ (rephase) によってグラディエントエコーGRが発生

する。脂肪がサチュレーションされているのでグラディエントエコーGRは水だけのグラディエントエコーとなる。

【0058】グラディエントエコーGRは、エコー中心に関して対称的な波形を持つRF信号となる。エコー中心は $\alpha^\circ$ 励起からTE (Echo Time) 後に生じる。グラディエントエコーGRは、RFコイル部108 (108') を通じてデータ収集部150によりビューデータとして収集される。ビューデータ収集の後に位相エンコード勾配 $G_{p2}$ により位相エンコードの巻き戻しが行われる。

【0059】このようなパルスシーケンスが、スライス位置を順次変しながら周期TR (Repetition Time) で繰り返される。スライス位置の変更は選択励起の位置を変えることによって行われる。

【0060】パルスシーケンスは各スライスごとに例えば64~256回ずつ繰り返される。繰り返しのたびに位相軸方向の位相エンコード勾配 $G_{p1}$ 、 $G_{p2}$ を変更する。横線は位相エンコード勾配の逐次変化を概念的に表す。これによって、位相軸方向の位相エンコードが異なる64~256ビューのビューデータが各スライスについて得られる。このようにして得られたビューデータが、スライスごとにデータ処理部170のメモリのkスペースに収集される。

【0061】kスペースのデータを2次元逆フーリエ変換することにより、実空間におけるスライスごとの2次元画像データすなわちマルチスライスの再構成画像が得られる。この画像は脂肪がサチュレーションされているので水だけの像となる。再構成画像は表示部180で表示されるとともにメモリに記憶される。

【0062】図3に示したパルスシーケンスにおいて、サチュレーションパルスRF1を水用のサチュレーションパルスとし、 $\alpha^\circ$ パルスRF2を脂肪用の $\alpha^\circ$ 励起パルスとすれば、水像の代わりに脂肪像が得られるのはいうまでもない。

【0063】上記のようなサチュレーション付きの撮影を行うための、サチュレーションパルスRF1の周波数決定方法について説明する。図4に、サチュレーションパルス周波数決定用のデータ処理を含む本装置の撮影動作のフロー (flow) 図を示す。

【0064】同図に示すように、ステップ (step) 402で、各スライスの周波数変動分 $\Delta B_0(k)$  (k) の測定を行う。なお、kはスライス番号 ( $k=1 \sim N$ ) を表す。また、1スライスあたりのビュー数をVとする。本書では、周波数変動分 $\Delta B_0(k)$ を周波数誤差ともいう。

【0065】 $\Delta B_0(k)$ の測定は、図3に示したパルスシーケンスを各スライスについてそれぞれ実行して収集した水のFID信号について、所定の中心周波数に対する周波数誤差を求めることにより行われる。

(9) 開2003-19124 (P2003-19124A)

所定の中心周波数は、マグネットシステム100の中心におけ静磁場強度(B0)と磁気回転比( $\gamma$ )との積によって定まる。中心周波数は、本発明における撮影に使用するスピンの周波数の実施の形態の一例である。

【0066】図5に、 $\text{deltaB0}(k)$ の概念を示す。同図ではスライス数Nを3とした例を示す。同図において、 $\text{wat1}$ , 2, 3および $\text{fat1}$ , 2, 3は、それぞれ、水の周波数スペクトル(spectra)のプロファイル(profile)および脂肪の周波数スペクトルのプロファイルをスライス1, 2, 3ごとに表したものである。なお、周波数軸は向かって右側を高域側、左側を低域側とする。

【0067】 $\text{wat}$ のピーク(peak)周波数と $\text{fat}$ のピーク周波数との間には、ケミカルシフトによる差がある。この差は理論的に決まっており、 $\text{wat}$ のピーク周波数の約3.5ppmとなる。ここでは、これを仮に50Hzとする。本書ではこれをケミカルシフトによる理論的周波数変化量ともいう。

【0068】同図に示すように、スライス1では $\text{wat}$ 1のピーク周波数は中心周波数から高域側に5Hzずれており、 $\text{deltaB0}(1)=+5\text{Hz}$ である。

【0069】スライス2では $\text{wat}$ 2のピーク周波数は中心周波数から低域側に10Hzずれており、 $\text{deltaB0}(2)=-10\text{Hz}$ である。

【0070】スライス3では $\text{wat}$ 3のピーク周波数は中心周波数から高域側に20Hzずれており、 $\text{deltaB0}(3)=+20\text{Hz}$ である。

【0071】各スライスの周波数誤差 $\text{deltaB0}(k)$ は、静磁場強度の場所による不均一によって生じる。このような周波数誤差 $\text{deltaB0}(k)$ がステップ502においてそれぞれ求められる。周波数誤差 $\text{deltaB0}(k)$ の測定はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における周波数誤差測定手段の実施の形態の一例である。

【0072】次に、ステップ404で、サチュレーションパルスの周波数決定を行う。周波数決定は、 $k=1\sim N$ についての $\text{deltaB0}(k)$ の最小値に脂肪と水の周波数差を加えた値をサチュレーションパルスに適用することによって行う。

【0073】これを詳述すれば、まず、周波数誤差 $\text{deltaB0}(k)$ について全スライスを通じての最小値を求める。ここで、最小値とは最も低域側にずれた値という意味であり、言い換えれば低域側の最大値のことである。

【0074】図5においては、スライス2の周波数誤差 $\text{deltaB0}(2)=-10\text{Hz}$ がこの条件に該当す

るので、最小値として10が抽出される。最小値の抽出はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における最大値抽出手段の実施の形態の一例である。

【0075】この最小値に脂肪と水の周波数差すなわちケミカルシフトによる理論的周波数変化量を加えた値を求め、この値だけ中心周波数から低域側に隔たる周波数をサチュレーション用の周波数とする。これによって、図5に矢印で示す箇所の周波数がサチュレーション用の周波数となる。

【0076】この周波数は、全スライスを通じて最も低いサチュレーション用周波数となる。このため、最も低域側にずれた周波数誤差を持つスライス2についても水信号を損ねることなく脂肪のサチュレーションを行うことが可能となる。

【0077】次に、ステップ406で、計数値iの値を1に初期化する。iはビューのカウンタ(count)数である。次に、ステップ408で、計数値jの値を1に初期化する。jはスライスのカウンタ数である。

【0078】次に、ステップ410で、イメージングエコーの収集を行う。j=1, i=1であることにより、最初のスライスの最初のビューのイメージングエコー収集が行われる。

【0079】イメージングエコーの収集は、図3に示したパルスシーケンスによって行われる。その際サチュレーションパルスRF1の周波数としては、ステップ404で決定した周波数が適用される。

【0080】これによって、最も低域側にずれた周波数誤差を持つスライス2についても水信号を損ねることなく脂肪のサチュレーションを行うことができる。したがって、続いて行われるRFパルスRF2による $\alpha^\circ$ 励起によって、水からのグラディエントエコーGRを適正に得ることができる。

【0081】サチュレーションのためのRF励起には、データ処理部170、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108が関わる。データ処理部170、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108からなる部分は、本発明における励起手段の実施の形態の一例である。

【0082】RF励起の後に勾配Gs, Gr, Gpによる位相分散が行われる。RF励起と位相分散によりサチュレーションが行われる。サチュレーションには、データ処理部170、制御部160、RF駆動部140、RFコイル部108、勾配コイル部106および勾配駆動部130が関わる。データ処理部170、制御部160、RF駆動部140、RFコイル部108、勾配コイル部106および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における飽和手段の実施の形態の一例である。

【0083】次に、ステップ412で、j>(N-1)の条件が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ

(10) 月2003-19124 (P2003-19124A)

414でjに1を加えて、ステップ410のイメージングエコーの収集に戻る。jを1つカウントアップ(count up)したことにより次のスライスが指定される。

【0084】ステップ410では、上記と同様にして、次のスライスの最初のビューのイメージングエコー収集が行われる。以下、 $j > (N-1)$ の条件が成立するまで同様な動作を繰り返す。これによって全スライスについて最初のビューのイメージングエコーがそれぞれ収集される。

【0085】次に、ステップ416で、 $i > (V-1)$ の条件が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ418でiに1を加えてステップ408に戻る。iを1つカウントアップしたことにより次のビューが指定される。ステップ408ではjの値を再度1に初期化する。これによってまた最初のスライスが指定される。

【0086】次に、ステップ410で、上記と同様にして、最初のスライスの2番目のビューのイメージングエコー収集が行われる。これを $j > (N-1)$ の条件が成立するまで繰り返す。

【0087】以上の動作を $i > (V-1)$ の条件が成立するまで繰り返す。これによってすべてのスライスについてのすべてのビューのイメージングエコーが収集される。次に、ステップ420で、画像再構成を行い各スライスの断層像を得る。これら断層像はステップ422で表示部180に表示され、また、メモリに記憶される。上記のようなサチュレーションにより、どのスライスでも水信号が損なわれることがないので、全スライスについて適正な水断層像を得ることができる。

【0088】上記のようなステップ402、404における周波数誤差測定およびサチュレーション周波数決定は、撮影期間中に周期的に行うようにしてもよい。これによって、周囲温度変化等による静磁場の時間的なドリフト(drift)にも適切に対処することが可能になる。

【0089】また、周波数誤差については適宜の限度を設定し、それを超えるほどに大きな誤差を示す測定値は無効とするのが、例えば、たまたま付近を通りかかった自動車等による一時的な磁場の乱れに左右されないようにする点で好ましい。

【0090】図6に、脂肪像を撮影する場合の本装置の動作のフロー図を示す。このフロー図はこのフロー図は図4に示したフロー図と大部分が共通する。共通する部分は同一の符号を付して説明を省略する。相違点はステップ402'およびステップ404'にある。

【0091】ステップ402'では脂肪についての周波数誤差 $\delta B_0(k)$ を求める。これは図3に示したパルスシーケンスにおいてサチュレーションパルスRF1で水をサチュレーションし、 $\alpha^\circ$ 励起パルスRF2で脂肪を励起し、脂肪のFID信号を収集し、その周

波数のずれを求めることにより行う。

【0092】周波数のずれは中心周波数からのずれとして求める。中心周波数は水のプロトンの周波数から低域側に約3.5 ppm隔たった値である。水のプロトンの周波数は、マグネットシステム100の中心における静磁場強度と磁気回転比との積によって定まる。中心周波数は、本発明における撮影に使用するスピンの周波数の実施の形態の一例である。

【0093】図7に、 $\delta B_0(k)$ の概念を示す。同図は、図5において中心周波数を水の周波数から脂肪の周波数に変えたものに相当する。同図に示すように、スライス1ではfat1のピーク周波数は中心周波数から高域側に5 Hzずれており、 $\delta B_0(1) = +5 \text{ Hz}$ である。

【0094】スライス2ではfat2のピーク周波数は中心周波数から低域側に10 Hzずれており、 $\delta B_0(2) = -10 \text{ Hz}$ である。

【0095】スライス3ではfat3のピーク周波数は中心周波数から高域側に20 Hzずれており、 $\delta B_0(3) = +20 \text{ Hz}$ である。

【0096】ステップ404'では、このような周波数誤差を用いてサチュレーションパルスの周波数決定を行う。周波数決定は、 $k = 1 \sim N$ についての $\delta B_0(k)$ の最大値に脂肪と水の周波数差を加えた値をサチュレーションパルスに適用することによって行う。

【0097】これを詳述すれば、まず、周波数誤差 $\delta B_0(k)$ について全スライスを通じての最大値を求める。ここで、最大値とは最も高域側にずれた値という意味であり、言い換えれば高域側の最大値のことである。

【0098】図7においては、スライス3の周波数誤差 $\delta B_0(3) = +20 \text{ Hz}$ がこの条件に該当するので、最大値として20が抽出される。最大値の抽出はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における最大値抽出手段の実施の形態の一例である。

【0099】この最大値に脂肪と水の周波数差すなわちケミカルシフトによる理論的周波数変化量を加えた値を求め、この値だけ中心周波数から高域側に隔たる周波数をサチュレーション用の周波数とする。これによって、図7に矢印で示す個所の周波数がサチュレーション用の周波数となる。

【0100】この周波数は、全スライスを通じて最も高いサチュレーション用周波数となる。このため、最も高域側にずれた周波数誤差を持つスライス3についても脂肪信号を損ねることなく水のサチュレーションを行うことが可能となる。

(11) 頁2003-19124 (P2003-19124A)

【0101】このような周波数決定の後に、ステップ406以降の動作を行うことにより、脂肪に関するマルチスライスの断層像を撮影することができる。上記のようなサチュレーションにより、どのスライスでも脂肪信号が損なわれることがないので、全スライスについて適正な脂肪断層像を得ることができる。

【0102】上記のようなステップ402'、404'における周波数誤差測定およびサチュレーション周波数決定は、撮影期間中に周期的に行うようにしてもよい。これによって、周囲温度変化等による静磁場の時間的なドリフトにも適切に対処することが可能になる。

【0103】また、周波数誤差については適宜の限度を設定し、それを超えるほどに大きな誤差を示す測定値は無効とするのが、例えば、たまたま付近を通りかかった自動車等による一時的な磁場変動に左右されないようにする点で好ましい。

【0104】図8に、水像を撮影する場合の動作の別なフロー図を示す。前述の図4に示した撮影方法では、低域側での最大の周波数誤差に応じて脂肪サチュレーシ

$$-(\delta B_0(k) - \delta B_0(j)) > \delta f \quad (1)$$

【0108】が成立するか否かを判定する。ここで  $\delta f$  は予め定めた閾値である。閾値は例えば10と定められている。(1)式の左辺の値の計算はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における差分計算手段の実施の形態の一例である。

【0109】いま  $j=1$  であるから、 $\delta B_0(1)=5$  である。 $k=1 \sim N$  について(1)式の左辺の値をそれぞれ計算することにより、0、15、-15の計算値がそれぞれ得られる。ここに15が含まれることにより(1)式の条件が成立する。

【0110】そこで、ステップ510で、サチュレーション用の周波数を決定する。周波数は、 $\delta B_0(k) + \delta f$  の最小値に脂肪と水の周波数差を加えた値をサチュレーションパルスに適用することによって行う。

【0111】これを詳述すれば、まず、周波数誤差  $\delta B_0(k)$  について全スライスを通じての最小値を求める。ここで、最小値とは最も低域側にずれた値という意味であり、言い換えれば低域側の最大値のことである。

【0112】図9においては、スライス2の周波数誤差  $\delta B_0(2) = -10$  がこの条件に該当するので、最小値として-10が抽出される。最小値の抽出はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における最大値抽出手段の実施の形態の一例である。

【0113】この値に  $\delta f$  を加えた値も全スライスを通じての最小値となる。加算後の値は0となる。この値(0)に脂肪と水の周波数差すなわちケミカルシ

ン用の周波数をずらしたが、スライス間での周波数誤差の開きが大きい場合は、必ずしも十分な脂肪サチュレーションが行えないスライスが出てくることがあり得る。図8のフロー図は、そのような状況でも適正に脂肪サチュレーションが行えるようにしたものがある。

【0105】同図に示すように、ステップ502で、各スライスの周波数変動分  $\delta B_0(k)$  の測定を行う。これは図4におけるステップ402と同じである。これによって、例えば図9に示すような周波数誤差  $\delta B_0(1)$ 、 $\delta B_0(2)$ 、 $\delta B_0(3)$  がそれぞれ求められる。図9は前述の図5と同様の図である。

【0106】次に、ステップ504、506で、それぞれ、 $i$ 、 $j$  の値をいずれも1に初期化する。これは図4におけるステップ406、408とそれぞれ同様である。次に、ステップ508で、 $k=1 \sim N$  について1つでも

【0107】

【数1】

フトによる理論的周波数変化量(50)を加えた値を求め、この値だけ中心周波数から低域側に隔たる周波数をサチュレーション用の周波数とする。これによって、図9に黒塗りの矢印で示す個所の周波数がサチュレーション用の周波数となる。

【0114】この周波数は、前述のようにして決めた破線矢印で示す周波数よりも閾値  $\delta f$  分だけ中心周波数寄りの周波数となる。これがスライス1についてのサチュレーション周波数となる。この周波数はスライス1にとっては破線矢印で示す周波数よりも  $f_{at1}$  のピーク周波数に近く、脂肪サチュレーションをより適切に行うことが可能になる。

【0115】また、この周波数は、スライス2のように、低域側での周波数誤差が最大になるものにとっては水の周波数に近い周波数になるので、スライス2の水に影響を及ぼす可能性があるが、閾値  $\delta f$  を適切に選ぶことにより影響を許容範囲にとどめることができる。逆にいえば影響が許容範囲にとどまるように閾値  $\delta f$  が定められている。

【0116】次に、ステップ514でイメージングエコーが収集を行う。これは図4におけるステップ410と同様である。ただし、その際のサチュレーションパルス  $R_{F1}$  の周波数としては、ステップ510で決定した周波数が適用される。これによって、スライス1の1番目のビューデータが収集される。

【0117】次に、ステップ516で、 $j > (N-1)$  が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ518で  $j$  をカウントアップする。これらのステップは、図4におけるステップ412、414と同様である。

(12) 頁2003-19124 (P2003-19124A)

【0118】次に、ステップ508で、スライス2について上記と同様のことを行う。 $\text{delta}B(2) = -10$ であることにより、(1)式の左辺の値は、 $-15, 0, -30$ となり条件が成立しない。

【0119】そこで、周波数の決定はステップ512で行う。周波数の決定は、 $\text{delta}B(j)$ に脂肪と水の周波数差を加えた値をサチュレーションパルスに適用することによって行う。 $j=2$ であるから $\text{delta}B(2) = -10$ である。したがって、図9に破線矢印で示す個所の周波数がスライス2のサチュレーション周波数となる。この周波数はスライス2の脂肪の周波数に適合したものとなる。

【0120】この周波数は、全スライスを通じて最も低いサチュレーション用周波数となる。このため、最も低域側にずれた周波数誤差を持つスライス2についても水信号を損ねることなく脂肪のサチュレーションを行うことが可能となる。

【0121】次に、ステップ514でイメージングエコーが収集を行う。これによって、スライス2の1番目のビューデータが収集される。次に、ステップ516で、 $j > (N-1)$ が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ518で $j$ をカウントアップする。

【0122】次に、ステップ508で、スライス3について上記と同様のことを行う。 $\text{delta}B(3) = 20$ であることにより、(1)式の左辺の値は、 $15, 30, 0$ となり条件が成立する。

【0123】そこで、ステップ510で、上記と同様にしてサチュレーション用周波数を決定する。これによって、図9に黒塗りの矢印で示す個所の周波数がスライス3用のサチュレーション周波数となる。

【0124】この周波数は、破線矢印で示す周波数よりも閾値分だけ中心周波数よりの周波数となる。この周波数はスライス3にとっては破線矢印で示す周波数よりも $f_{at}3$ のピーク周波数に近く、脂肪サチュレーションをより適切に行うことが可能になる。

【0125】また、この周波数は、スライス2のように、低域側での周波数誤差が最大になるものにとっては水の周波数に近い周波数になるので、スライス2の水に影響を及ぼす可能性があるが、閾値 $\text{delta}F$ を適切に選ぶことにより影響を許容範囲にとどめることができるのは前述の通りである。

【0126】次に、ステップ516で、 $j > (N-1)$ が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ518で $j$ をカウントアップする。以下、同様の動作を繰り返す。これによって、4番目以降のスライスについて逐次1番目のビューデータが収集される。

【0127】すべてのスライスについて1番目のビューデータを収集したとき、ステップ516における判定条件が成立する。そこで、ステップ520で、 $i > (V-1)$ が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ5

22で $i$ をカウントアップしステップ506に戻る。これによって、2番目のビューデータの収集がスライス1から順番に行われる。このような動作の繰り返しにより、マルチスライススキャンが行われる。

【0128】スキャン終了後にステップ524で画像再構成を行い、ステップ526で画像の表示および記憶を行う。ステップ508, 510, 512における処理によりスライスごとに適切なサチュレーション周波数が決定されるので、各スライスについてさらに適切な水像を得ることができる。

【0129】上記のようなサチュレーションのためのRF励起には、データ処理部170、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108が関わる。データ処理部170、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108からなる部分は、本発明における励起手段の実施の形態の一例である。

【0130】RF励起の後に勾配 $G_s, G_r, G_p$ による位相分散が行われる。RF励起と位相分散によりサチュレーションが行われる。サチュレーションには、データ処理部170、制御部160、RF駆動部140、RFコイル部108、勾配コイル部106および勾配駆動部130が関わる。データ処理部170、制御部160、RF駆動部140、RFコイル部108、勾配コイル部106および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における飽和手段の実施の形態の一例である。

【0131】上記のようなステップ502における周波数誤差測定は、撮影期間中に周期的に行うようにしてもよい。これによって、周囲温度変化等による静磁場の時間的なドリフト(drift)にも適切に対処することが可能になる。

【0132】また、周波数誤差については適宜の限度を設定し、それを超えるほどに大きな誤差を示す測定値は無効とするのが、例えば、たまたま付近を通りかかった自動車等による一時的な磁場の乱れに左右されないようにする点で好ましい。

【0133】図10に、脂肪像を撮影する場合の動作の別なフロー図を示す。前述の図6に示した撮影方法では、高域側での最大の周波数誤差に応じて水サチュレーション用の周波数をずらしたが、スライス間での周波数誤差の開きが大きい場合は、必ずしも十分な水サチュレーションが行えないスライスが出てくることがあり得る。図10のフロー図は、そのような状況でも適正に水サチュレーションが行えるようにしたものもある。

【0134】同図に示すように、ステップ502'で、各スライスの周波数変動分 $\text{delta}B(k)$ の測定を行う。これは図6におけるステップ402'と同じである。これによって、例えば図11に示すような周波数誤差 $\text{delta}B(1), \text{delta}B(2), \text{delta}B(3)$ がそれぞれ求められる。図11は前述の図7と同様の図である。

(13) 頁2003-19124 (P2003-19124A)

【0135】次に、ステップ504、506で、それぞれ、 $i$ 、 $j$ の値をいずれも1に初期化する。これは図6におけるステップ406、408とそれぞれ同様である。次に、ステップ508で、 $k=1 \sim N$ について1つ

$$(\text{delta}B0(k) - \text{delta}B0(j)) > \text{delta}F' \quad (2)$$

【0137】が成立するか否かを判定する。ここで  $\text{delta}F'$  は予め定めた閾値である。閾値は例えば10と定められている。(2)式の左辺の値の計算はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における差分計算手段の実施の形態の一例である。

【0138】いま  $j=1$  であるから、 $\text{delta}B0(1)=5$  である。 $k=1 \sim N$  について(2)式の左辺の値をそれぞれ計算することにより、0、-15、15の計算値値がそれぞれ得られる。ここに15が含まれることにより条件が成立する。

【0139】そこで、ステップ510'で、サチュレーション用の周波数を決定する。周波数は、 $\text{delta}B0(k) - \text{delta}F'$  の最大値に脂肪と水の周波数差を加えた値をサチュレーションパルスに適用することによって行う。

【0140】これを詳述すれば、まず、周波数誤差  $\text{delta}B0(k)$  について全スライスを通じての最大値を求める。ここで、最大値とは最も高域側にずれた値という意味であり、言い換えれば高域側の最大値のことである。

【0141】図11においては、スライス3の周波数誤差  $\text{delta}B0(3)=20$  がこの条件に該当するので、最大値として20が抽出される。最大値の抽出はデータ処理部170によって行われる。データ処理部170は、本発明における最大値抽出手段の実施の形態の一例である。

【0142】この値から  $\text{delta}F'$  を減じた値も全スライスを通じての最大値となる。減算後の値は10となる。この値(10)に脂肪と水の周波数差すなわちケミカルシフトによる理論的周波数変化量(50)を加えた値を求め、この値だけ中心周波数から高域側に隔たる周波数をサチュレーション用の周波数とする。これによって、図11に黒塗りの矢印で示す個所の周波数がサチュレーション用の周波数となる。

【0143】この周波数は、前述のようにして決めた破線矢印で示す周波数よりも閾値  $\text{delta}F'$  分だけ中心周波数寄りの周波数となる。これがスライス1についてのサチュレーション周波数となる。この周波数はスライス1にとっては破線矢印で示す周波数よりも  $wat1$  のピーク周波数に近く、水サチュレーションをより適切に行うことが可能になる。

【0144】また、この周波数は、スライス3のように、高域側での周波数誤差が最大になるものにとっては

でも

【0136】

【数2】

脂肪の周波数に近い周波数になるので、スライス3の脂肪に影響を及ぼす可能性があるが、閾値  $\text{delta}F'$  を適切に選ぶことにより影響を許容範囲にとどめることができる。逆にいえば影響が許容範囲にとどまるように閾値  $\text{delta}F'$  が定められている。閾値  $\text{delta}F'$  は前述の閾値  $\text{delta}F$  とは必ずしも同一でなくてよい。

【0145】次に、ステップ514でイメージングエコーが収集を行う。これは図6におけるステップ410と同様である。ただし、その際のサチュレーションパルスRF1の周波数としては、ステップ510'で決定した周波数が適用される。これによって、スライス1の1番目のビューデータが収集される。

【0146】次に、ステップ516で、 $j > (N-1)$  が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ518で  $j$  をカウントアップする。これらのステップは、図6におけるステップ412、414と同様である。

【0147】次に、ステップ508'で、スライス2について上記と同様のことを行う。 $\text{delta}B0(2) = -10$  であることにより、(2)式の左辺の値は、15、0、30となり条件が成立する。

【0148】そこで、ステップ510'で、上記と同様にサチュレーション用の周波数を決定する。これによって、図11に黒塗りの矢印で示す個所の周波数がスライス2用のサチュレーション周波数となる。この周波数はスライス2にとっては破線矢印で示す周波数よりも  $wat2$  のピーク周波数に近く、水サチュレーションをより適切に行うことが可能になる。

【0149】次に、ステップ514でイメージングエコーが収集を行う。これは図6におけるステップ410と同様である。ただし、その際のサチュレーションパルスRF1の周波数としては、ステップ510'で決定した周波数が適用される。これによって、スライス2の1番目のビューデータが収集される。

【0150】次に、ステップ516で、 $j > (N-1)$  が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ518で  $j$  をカウントアップする。これらのステップは、図6におけるステップ412、414と同様である。

【0151】次に、ステップ508'で、スライス3について上記と同様のことを行う。 $\text{delta}B0(2) = -10$  であることにより、(2)式の左辺の値は、-10、-30、0となり条件が成立しない。

【0152】そこで、周波数の決定はステップ512'で行う。周波数の決定は、 $\text{delta}B0(j)$  に脂肪

(14) 頁2003-19124 (P2003-19124A)

と水の周波数差を加えた値をサチュレーションパルスに適用することによって行う。 $j=3$ であるから $\Delta B_0(3)=20$ である。したがって、図11に破線矢印で示す個所の周波数がスライス3のサチュレーション周波数となる。この周波数はスライス3の水の周波数に適合したものとなる。

【0153】この周波数は、全スライスを通じて最も低いサチュレーション用周波数となる。このため、最も高域側にずれた周波数誤差を持つスライス3についても水信号を損ねることなく水のサチュレーションを行うことが可能となる。

【0154】次に、ステップ514でイメージングエコーが収集を行う。これによって、スライス3についての1番目のビューデータが収集される。次に、ステップ516で、 $j > (N-1)$ が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ518で $j$ をカウントアップする。以下、同様の動作を繰り返す。これによって、4番目以降のスライスについて逐次1番目のビューデータが収集される。

【0155】すべてのスライスについて1番目のビューデータを収集したとき、ステップ516における判定条件が成立する。そこで、ステップ520で、 $i > (V-1)$ が成立したか否かを判定し、否の場合はステップ522で $i$ をカウントアップしステップ506に戻る。これによって、2番目のビューデータの収集がスライス1から順番に行われる。このような動作の繰り返しにより、マルチスライススキャンが行われる。

【0156】スキャン終了後にステップ524で画像再構成を行い、ステップ526で画像の表示および記憶を行う。ステップ508'、510'、512'における処理によりスライスごとに適切なサチュレーション周波数が決定されるので、各スライスについてさらに適切な脂肪像を得ることができる。

【0157】上記のようなサチュレーションのためのRF励起には、データ処理部170、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108が関わる。データ処理部170、制御部160、RF駆動部140およびRFコイル部108からなる部分は、本発明における励起手段の実施の形態の一例である。

【0158】RF励起の後に勾配 $G_s$ 、 $G_r$ 、 $G_p$ による位相分散が行われる。RF励起と位相分散によりサチュレーションが行われる。サチュレーションには、データ処理部170、制御部160、RF駆動部140、RFコイル部108、勾配コイル部106および勾配駆動部130が関わる。データ処理部170、制御部160、RF駆動部140、RFコイル部108、勾配コイル部106および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における飽和手段の実施の形態の一例である。

【0159】上記のようなステップ502'における周波数誤差測定は、撮影期間中に周期的に行うようにして

もよい。これによって、周囲温度変化等による静磁場の時間的なドリフト(drift)にも適切に対処することが可能になる。

【0160】また、周波数誤差については適宜の限度を設定し、それを超えるほどに大きな誤差を示す測定値は無効とするのが、例えば、たまたま付近を通りかかった自動車等による一時的な磁場の乱れに左右されないようにする点で好ましい。

【0161】以上、好ましい実施の形態の例に基づいて本発明を説明したが、本発明が属する技術の分野における通常の知識を有する者は、上記の実施の形態の例について、本発明の技術的範囲を逸脱することなく種々の変更や置換等をなし得る。したがって、本発明の技術的範囲には、上記の実施の形態の例ばかりでなく、特許請求の範囲に属する全ての実施の形態が含まれる。

【0162】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、サチュレーション付きのマルチスライス撮影を静磁場強度の不均一にかかわらず適切に行うことを可能にするスピン励起方法、磁気共鳴撮影方法および磁気共鳴撮影装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図3】磁気共鳴撮影のパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図5】磁気共鳴信号の周波数スペクトルの概念図である。

【図6】本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図7】磁気共鳴信号の周波数スペクトルの概念図である。

【図8】本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図9】磁気共鳴信号の周波数スペクトルの概念図である。

【図10】本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図11】磁気共鳴信号の周波数スペクトルの概念図である。

【符号の説明】

100、100' マグネットシステム  
102 主磁場コイル部  
102' 主磁場マグネット部  
106、106' 勾配コイル部  
108、108' RFコイル部

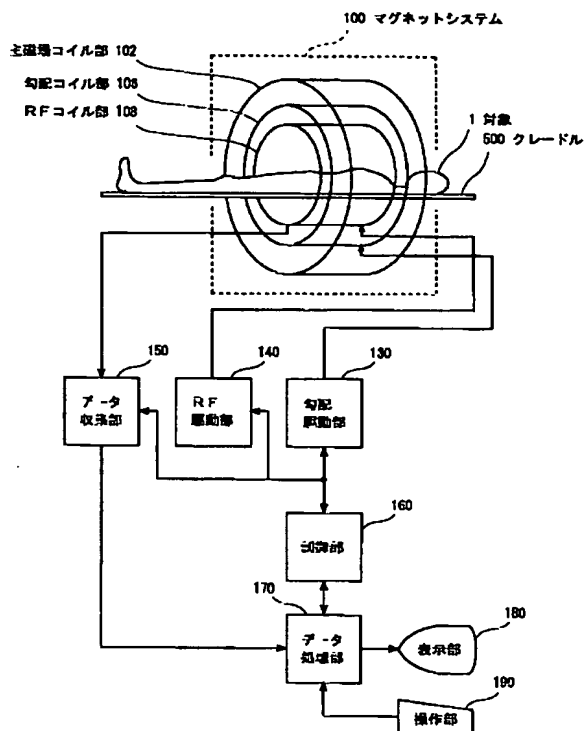


(15) 頁2003-19124 (P2003-19124A)

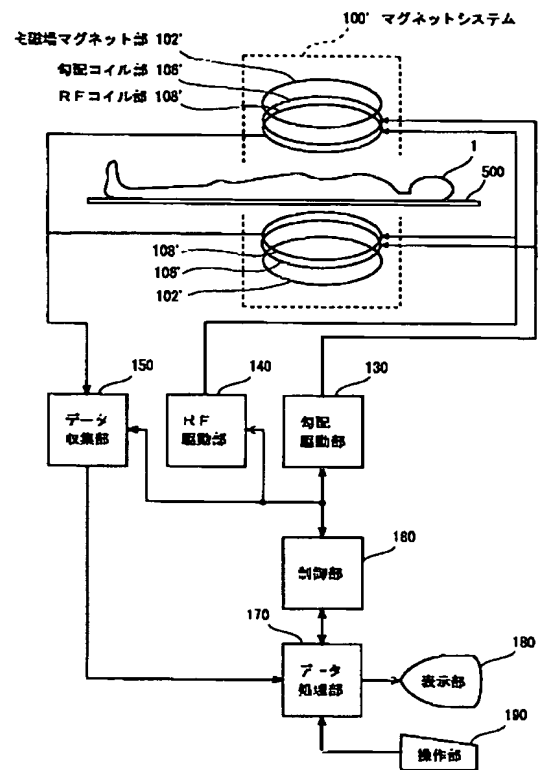
130 勾配駆動部  
140 RF駆動部  
150 データ収集部  
160 制御部  
170 データ処理部

180 表示部  
190 操作部  
1 対象  
500 クレードル

【図1】

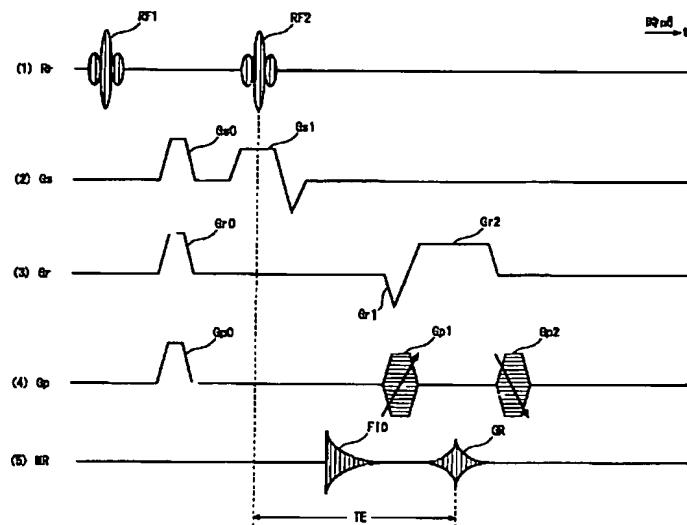


【図2】

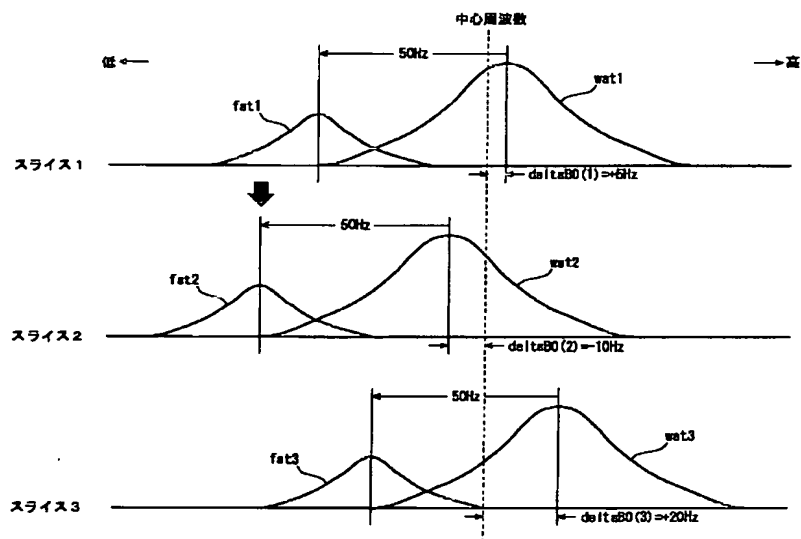


(16) 月2003-19124 (P2003-19124A)

【図3】

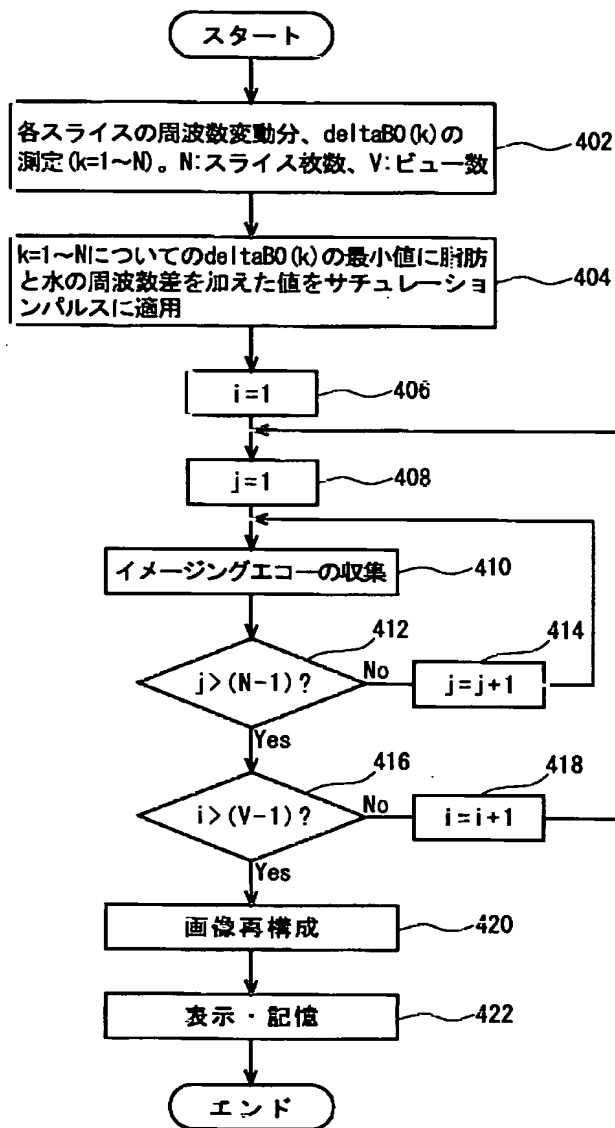


【図5】

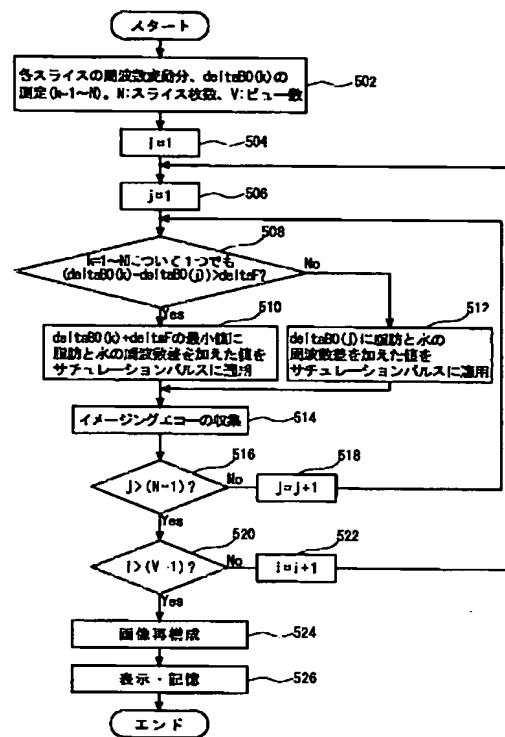


(17) 冊2003-19124 (P2003-19124A)

【図4】

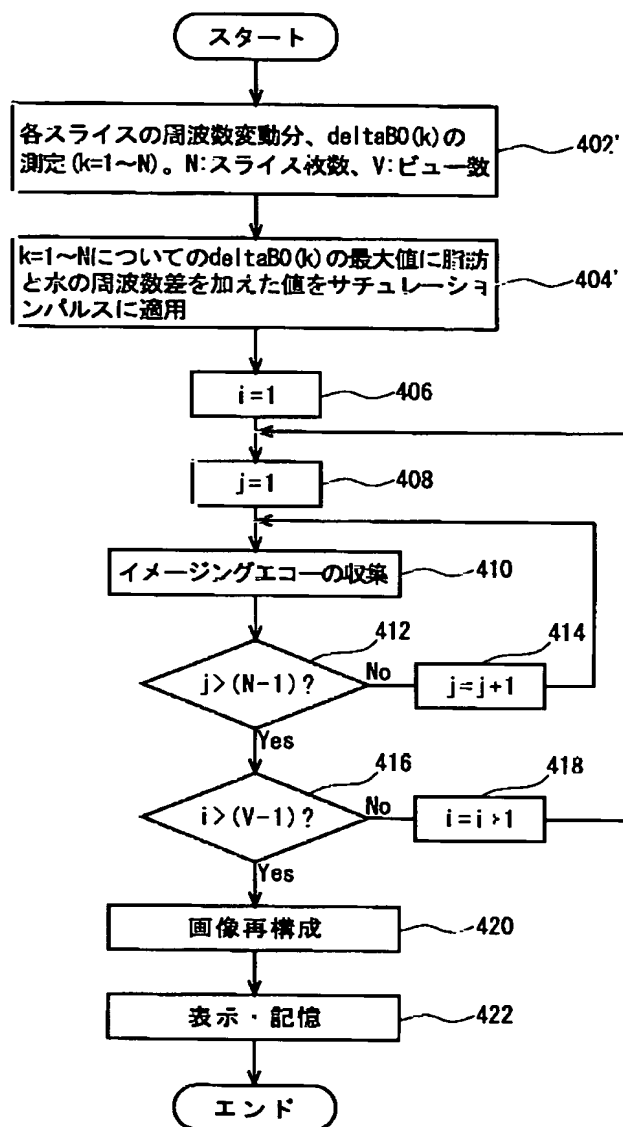


【図8】



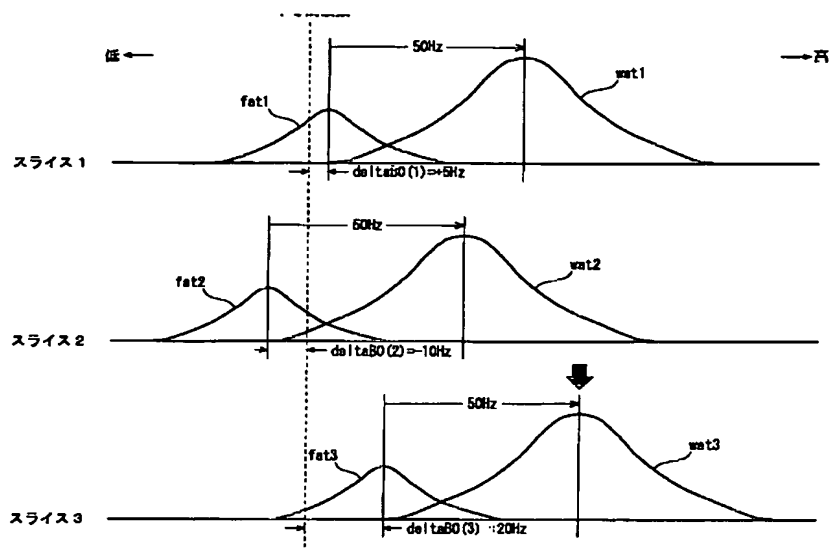
(18) 2003-19124 (P2003-19124A)

【図6】

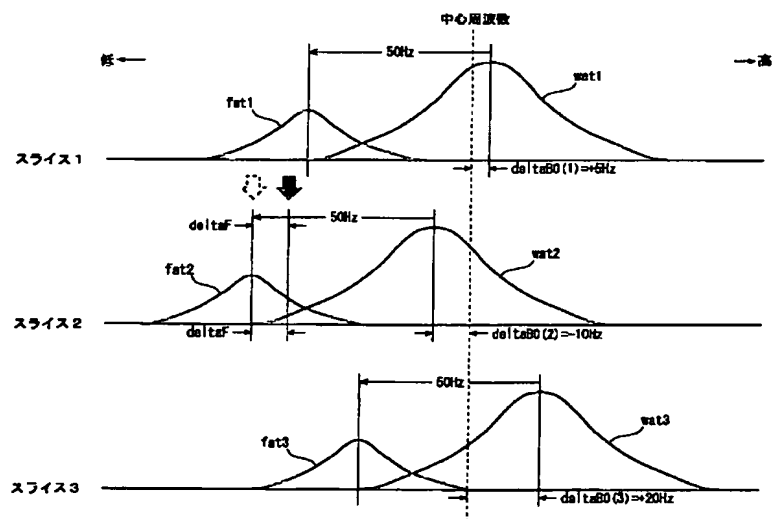


(19) 月2003-19124 (P2003-19124A)

【図7】

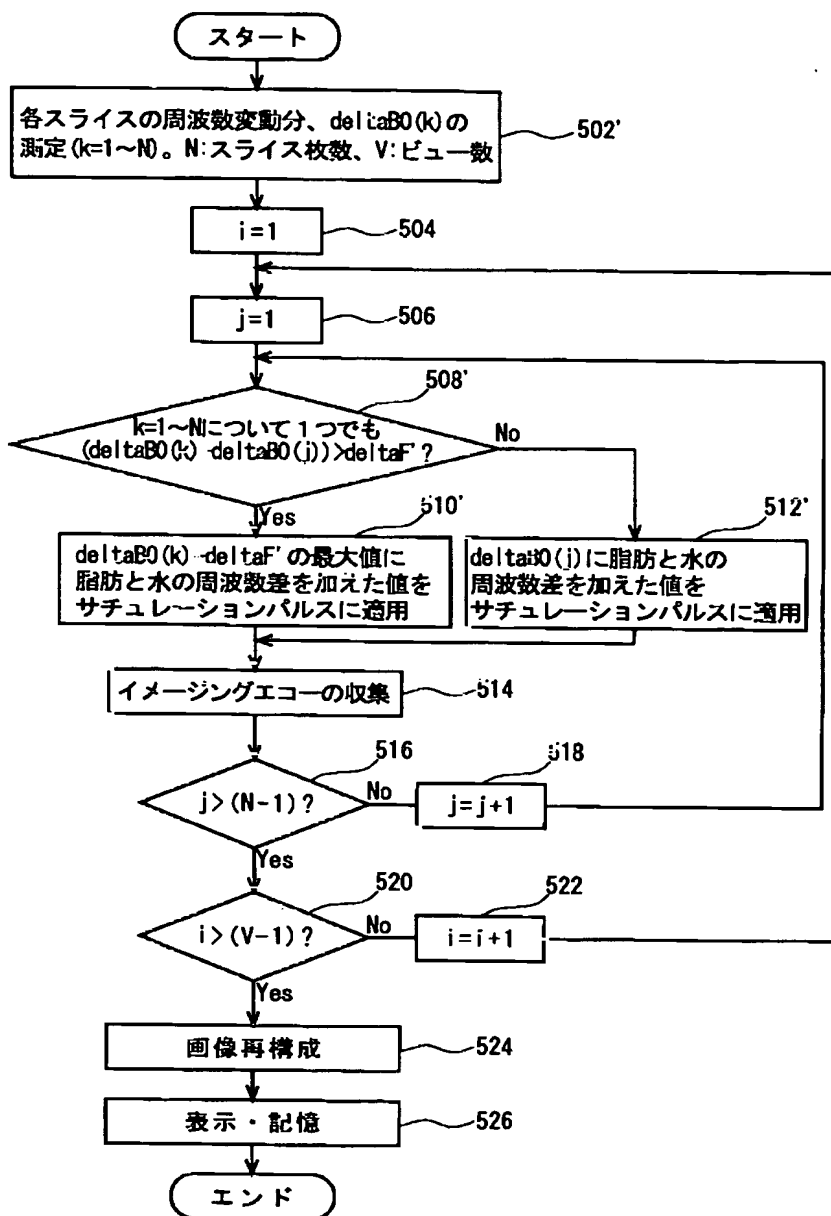


【図9】



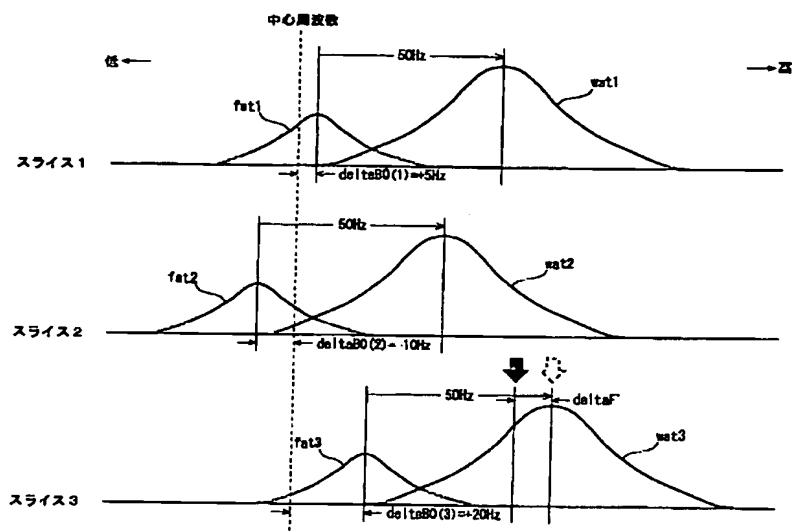
(20) 2003-19124 (P2003-19124A)

【図10】



(21) 月2003-19124 (P2003-19124A)

【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 植竹 望  
 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127  
 ジーイー横河メディカルシステム株式会社  
 内

Fターム(参考) 4C096 AA06 AB14 AB18 AD06 BA03  
 BA06 BA15 BA20 BB32

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**